

**Tata cara analisis data pengujian surutan bertahap
pada sumur uji atau sumur produksi
dengan metode *Hantush-Bierschenk***



© BSN 2015

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar Isi

Daftar Isi.....	i
Prakata.....	iii
Pendahuluan.....	iv
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Persyaratan	2
5 Prinsip metode analisis Hantush-Bierschenk	2
6 Cara uji	3
7 Penentuan surutan, B, C dan persamaan surutan S_w	4
Lampiran A Gambar.....	5
Lampiran B Tabel.....	6
Lampiran C Grafik tahapan penentuan pada Metode Hantush-Bierschenk	7
Lampiran D Contoh penentuan penurunan spesifik.....	8
Bibliografi	9
Gambar A.1 - Contoh sumur bor.....	5
Gambar D.1 - Contoh penentuan Parameter B dan C dengan metode Hantush-Bierschenk	8
Tabel B - Surutan sumur (m) (Contoh data uji surutan bertahap	6
Tabel D.1 - Contoh penentuan penurunan spesifik dengan metode Hantush-Bierchenk.....	8

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang “Tata cara analisis data pengujian surutan bertahap pada sumur uji atau sumur produksi dengan metode *Hantush-Bierschenk*” merupakan standar yang berasal dari hasil penelitian, yang dimaksudkan untuk menyediakan standar nasional dalam penentuan serahan optimum yang dihasilkan sumur uji atau sumur produksi.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S1 Sumber Daya Air melalui Gugus Kerja Hidrologi dan Tata Air. Standar ini telah melalui tahapan perumusan sebelumnya, dan telah melalui rapat konsensus pada tanggal 11 November 2013 yang melibatkan para narasumber, pakar dan instansi terkait serta telah melalui proses jajak pendapat tanggal 28 Agustus 2014 sampai dengan 27 Oktober 2014.



Pendahuluan

Standar ini menetapkan karakteristik kinerja sumur uji atau sumur produksi dalam rangka penentuan serahan optimum yang dihasilkan sumur tersebut melalui analisis data uji pemompaan surutan bertahap (*step drawdown test*) dengan menggunakan metode Hantush-Bierschenk,

Uji surutan bertahap ini adalah uji pemompaan yang dilakukan terhadap sumur uji atau sumur produksi dengan melakukan pemompaan air dengan debit tetap dalam periode tertentu dan dilanjutkan dengan debit tetap yang lebih tinggi selang waktu tertentu berikutnya dan begitu seterusnya.



Tata cara analisis data pengujian surutan bertahap pada sumur uji atau sumur produksi dengan metode Hantush-Bierschenk

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan karakteristik kinerja sumur uji atau sumur produksi dalam rangka penentuan serahan optimum yang dihasilkan sumur tersebut melalui analisis data uji pemompaan surutan bertahap (*step drawdown test*).

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan standar ini.

SNI 03-3970-1995, *Metode Pengukuran tinggi muka air tanah bebas di sumur*

SNI 19-6739-2002, *Metode pengujian untuk penentuan kapasitas jenis dan penaksiran transmisivitas pada sumur uji*

SNI 19-6740-2002, *Metode pengujian untuk penentuan transmisivitas akuifer tertekan dengan cara pemulihan Theis*

SNI 19-6741-2002, *Metode pengujian untuk penentuan transmisivitas akuifer tertekan dengan cara uji kolom air*

SNI 19-6742-2002, *Metode pengujian kolom air di lapangan untuk penentuan sifat-sifat hidraulik akuifer*

SNI 19-6743-2002, *Metode pengujian sifat hidraulik akuifer dengan cara Theis*

SNI 19-6744-2002, *Tata cara pemilihan metode uji sifat hidraulik akuifer dengan teknik sumur*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi berikut berlaku untuk pemakaian standar ini.

3.1

uji surutan bertahap

uji pemompaan yang dilakukan terhadap sumur uji atau sumur produksi dengan melakukan pemompaan air dengan debit tetap dalam selang periode tertentu dan dilanjutkan dengan debit tetap yang lebih tinggi dalam selang waktu tertentu berikutnya dan begitu seterusnya

3.2

kehilangan tinggi tekan akuifer

kehilangan tinggi tekan yang diakibatkan oleh hambatan dari formasi akuifer terhadap aliran ke sumur

3.3**kehilangan tinggi tekan sumur linear**

kehilangan tinggi tekan yang diakibatkan oleh hambatan terhadap aliran masuk ke sumur akibat lumpur sisa yang berada di zone penetrasi dan di dalam selubung kerikil serta di sekitar bukaan pipa penyaring

3.4**kehilangan tinggi tekan sumur nonlinear**

kehilangan tinggi tekan yang diakibatkan oleh turbulensi dan gesekan dalam pipa sumur

3.5**kehilangan tinggi tekan sumur total**

kehilangan tinggi tekan akuifer (surutan teoritis) ditambah kehilangan tinggi tekan sumur linear dan non linear, yang menghasilkan surutan total

4 Persyaratan**4.1 Penggunaan cara uji**

Cara uji dengan metode analisis Hantush-Bierschenk bisa diterapkan dengan pengambilan anggapan dan persyaratan berikut :

- a) akuifer dalam kondisi terkekang, tidak tertekang atau bebas;
- b) akuifer terbentang meluas tak berhingga;
- c) akuifer homogen, isotropik dengan ketebalan seragam seluas daerah yang dipengaruhi oleh uji pemompaan;
- d) sebelum pemompaan muka air dalam kedudukan mendatar seluas daerah yang dipengaruhi oleh uji pemompaan;
- e) akuifer dipompa secara bertahap dengan debit yang bertambah;
- f) aliran di dalam sumur dalam kondisi tak langgeng (*unsteady state*);
- g) kehilangan tinggi tekan non linear di dalam sumur cukup berarti dan bervariasi menurut pernyataan CQ^2 .

4.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk cara uji harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) kertas grafik berskala linear;
- 2) kertas grafik berskala semilog.

5 Prinsip metode analisis Hantush-Bierschenk

Beberapa metode analisis untuk tujuan yang sama dapat dipilih metode Hantush-Bierschenk, Eden-Hazel, Rorabaugh dan Sheahan. Dalam hal dipilih prosedur analisis metode Hantush-Bierschenk.

Jacob (1947) pertama kali menggunakan rumus berikut untuk penerapan uji surutan bertahap :

$$s_w = B(r_{ew}, t) Q + C Q^2 \quad (1)$$

$$B(r_{ew}, t) = B_1(r_{ew}, t) + B_2 \quad (2)$$

Keterangan :

- S_w adalah surutan;
 $B_{l(rew, t)}$ adalah konstanta kehilangan tinggi tekan akuifer linear;
 B_2 adalah konstanta kehilangan tinggi tekan sumur linear;
 C adalah konstanta kehilangan tinggi tekan sumur nonlinear;
 r_{ew} adalah adalah jari-jari efektif sumur;
 r_w adalah adalah jari-jari sumur;
 t adalah waktu pemompaan.

Dengan menggunakan prinsip superposisi, Hantush- Bierschenk (1964) menerapkan rumus berikut :

$$s_{w(n)} = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i B(r_{ew}, t - t_i) Q_n + C Q_n^2 \quad (3)$$

Jumlah dari pertambahan surutan diambil pada interval waktu yang tetap dihitung dari permulaan tiap tahap $(t - t_i)$ dapat diperoleh dari persamaan (03), yang berbentuk :

$$\sum_{i=1}^n \Delta s_{w(i)} = s_{w(n)} = B(r_{ew}, \Delta t) Q_n + C Q_n^2 \quad (4)$$

dan dapat ditulis kembali dan dipakai untuk metode analisis sebagai berikut :

$$s_{w(n)} / Q_n = B(r_{ew}, \Delta t) + C Q_n \quad (5)$$

Persamaan terakhir ini digunakan untuk menentukan konstanta B dan C, yang merupakan karakteristik kinerja sumur uji atau sumur produksi, dengan penjelasan sebagai berikut :

- $s_{w(n)}$ adalah surutan total dalam sumur selama n tahap pada waktu t;
 r_{ew} adalah jari-jari efektif sumur;
 Δt adalah $t - t_i$;
 t_i adalah waktu pada saat tahap ke i dimulai;
 Q_n adalah debit tetap selama tahap ke n;
 Q_i adalah debit tetap selama tahap ke i yang mendahului tahap n;
 ΔQ_i adalah sama dengan $Q_i - Q_{i-1}$;
 $\Delta s_{w(i)}$ adalah pertambahan surutan antara tahap ke i dengan tahap yang mendahuluinya diambil pada waktu $t_i + \Delta t$ dari permulaan tahap ke i.

6 Cara uji

Cara uji dilakukan menurut urutan langkah berikut ini :

- plot data surutan hasil pengamatan s_w pada kertas semilog terhadap waktu t yang berkaitan pada skala logaritma;
- lakukan ekstrapolasi melalui titik-titik plot untuk tiap tahap sampai ke akhir tahap berikutnya;
- tentukan pertambahan surutan $\Delta s_{w(i)}$ sesuai SNI 03-3970-1995 untuk setiap tahap dengan mengambil selisih antara surutan pengamatan pada interval waktu tetap Δt yang diambil dari awal tiap tahap dengan surutan yang berkaitan pada lengkung ekstrapolasi dari tahap yang sebelumnya;
- tentukan nilai $s_{w(n)}$ yang berkaitan dengan debit Q_n dari $s_{w(n)} = \Delta s_{w(1)} + \Delta s_{w(2)} + \Delta s_{w(1)} + \Delta s_{w(3)} + \dots + \Delta s_{w(n)}$
- hitung rasio $s_{w(n)} / Q_n$ untuk tiap tahap;
- plot pada kertas berskala linear $s_{w(n)} / Q_n$ lawan Q_n yang berkaitannya;
- buat garis lurus melauai titik-titik plot (jika tidak begitu lurus maka gunakan metode analisis yang lain yang telah disebutkan di atas);
- tentukan kemiringan garis lurus $\Delta (s_{w(n)} / Q_n) / \Delta Q_n$ yang merupakan angka C;

- i) Perpanjang garis lurus sampai memotong sumbu $Q = 0$;
- j) Titik potong pada sumbu $(s_{w(n)} / Q_n)$ memberikan angka B.

CATATAN 1 Angka-angka tergantung atas data ekstrapolasi dan oleh karenanya mengalami galat

CATATAN 2 Jika suatu keadaan langgeng tercapai untuk tiap tahap, surutan menjadi tidak lagi fungsi waktu. Oleh karenanya surutan kondisi langgeng yang diamati dan debit tiap tahap dapat digunakan langsung pada plotting $(s_{w(n)} / Q_n)$ lawan Q_n pada kertas skala linear

7 Penentuan surutan, B, C dan persamaan surutan S_w

Untuk memberikan ilustrasi metode uji surutan bertahap ini digunakan contoh data dari Clark (1977) untuk sumur bor harus diuji transmisifitas dan kapasitasnya sesuai SNI 6739 atau 6740 atau SNI 6741 dan SNI 6742 atau 6743 atau SNI 6744, yang menembus akuifer terkekang formasi batupasir seperti yang terlihat di dalam Tabel B pada Lampiran B.

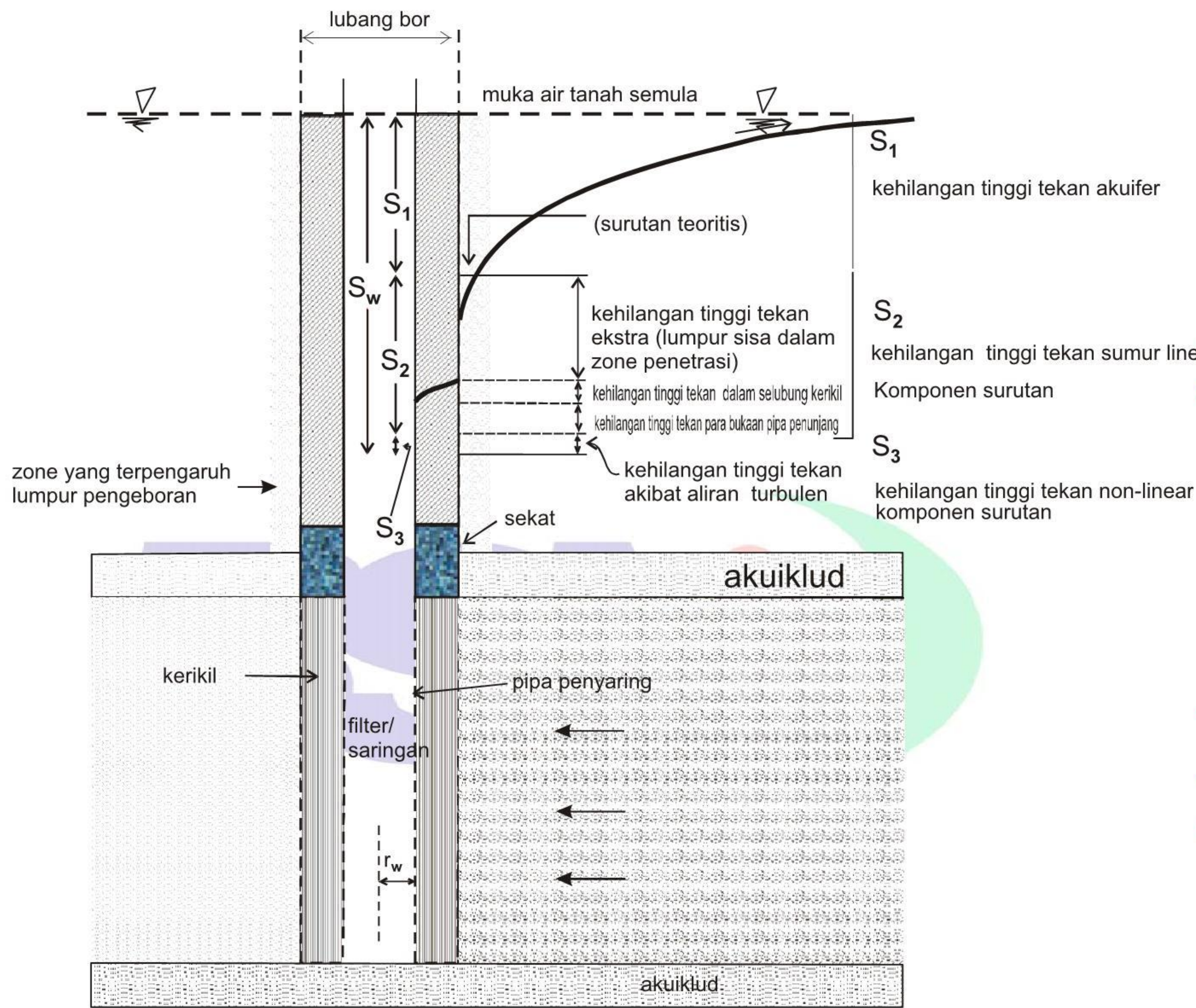
Lakukan langkah-langkah berikut ini :

- a) plot data surutan s_w dalam meter pada skala linear lawan waktu dalam menit pada skala logaritma (lihat hasil pada Gambar C pada Lampiran C).;
- b) dari plot ini tentukan beda surutan untuk setiap tahap dan untuk selang waktu $\Delta t = 100$ menit.;
- c) tentukan angka surutan jenis $s_{w(n)}/Q_n$ dari gambar C pada lampiran C (lihat hasilnya pada Tabel D Lampiran D);
- d) plot angka tersebut lawan Q_n berkaitannya pada kertas skala linear yang menghasilkan garis lurus dengan kemiringan C sebesar $1,45 \times 10^{-7}$ hari²/m⁵ (lihat hasil pada Gambar D Lampiran D);
- e) titik temu garis lurus dengan sumbu $Q_n = 0$ menghasilkan nilai $B = (s_{w(n)})/Q_n = 3,26 \times 10^{-3}$ hari/m² (lihat hasil pada Gambar D Lampiran D);
- f) akhirnya diperoleh persamaan surutan sebagai fungsi dari debit untuk sumur I tersebut, yaitu :

$$s_w = B Q + C Q^2 \quad (\text{untuk } t = 100 \text{ menit})$$

atau
$$s_w = (3,26 \times 10^{-3}) Q + (1,45 \times 10^{-7}) Q^2 \quad (\text{untuk } t = 100 \text{ menit}).$$

Lampiran A
(informatif)
Gambar



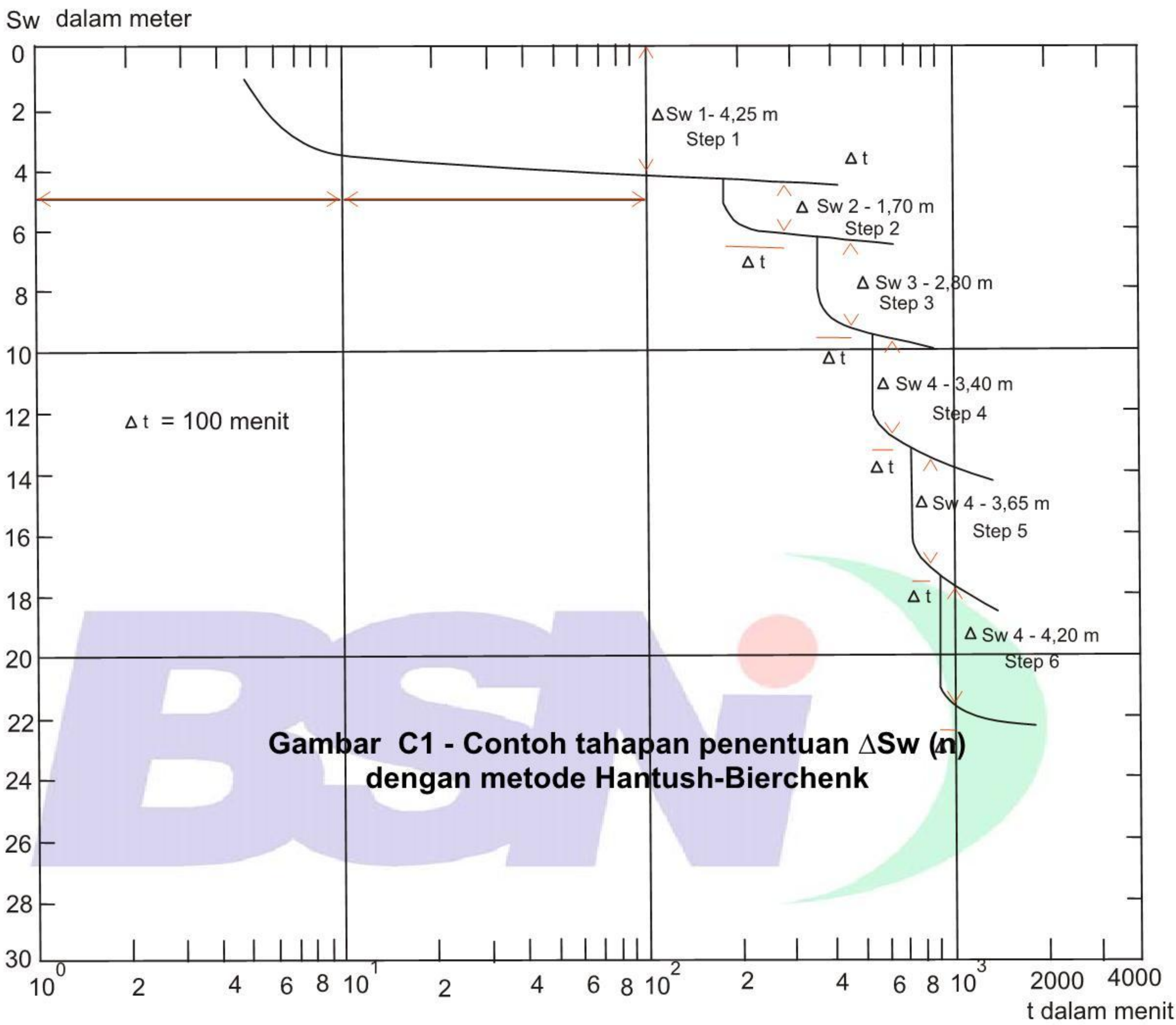
Gambar A.1 - Contoh sumur bor

Lampiran B
(informatif)
Tabel

Tabel B - Surutan sumur (m)
(Contoh data uji surutan bertahap)

Waktu sejak awal tahap (menit)	Tahap 1 Q = 1306 (m ³ /hari)	Tahap 2 Q = 1693 (m ³ /hari)	Tahap 3 Q = 2423 (m ³ /hari)	Tahap 4 Q = 3261 (m ³ /hari)	Tahap 5 Q = 4094 (m ³ /hari)	Tahap 6 Q = 5019 (m ³ /hari)
1	-	5,458	8,170	10,881	15,318	20,036
2	-	5,529	8,240	11,797	15,494	20,248
3	-	5,564	8,346	11,902	15,598	20,389
4	-	5,599	8,451	12,008	15,740	20,529
5	1,303	5,634	8,486	12,078	15,846	20,600
6	2,289	5,669	8,557	12,149	15,881	20,660
7	3,117	5,669	8,557	12,149	15,952	20,741
8	3,345	5,705	8,592	12,184	16,022	20,811
9	3,486	5,740	8,672	12,219	16,022	20,882
10	3,521	5,740	8,672	12,325	16,093	20,917
12	3,592	5,810	8,663	12,360	16,198	20,952
14	3,627	5,810	8,698	12,395	16,268	21,022
16	3,733	5,824	8,733	12,430	16,304	21,128
18	3,768	5,845	8,839	12,430	16,374	21,163
20	3,836	5,810	8,874	12,501	16,409	21,198
25	3,873	5,824	8,874	12,508	16,586	21,304
30	4,014	5,824	8,979	12,606	16,621	21,375
35	3,803	5,881	8,979	12,712	16,691	21,480
40	4,043	5,591	8,994	12,747	16,726	21,551
45	4,261	5,591	9,050	12,783	16,776	21,619
50	4,261	6,092	9,050	12,818	16,797	21,656
55	4,190	6,092	9,120	12,853	16,902	-
60	4,120	6,176	9,120	12,853	16,938	21,663
70	4,120	6,162	9,155	12,888	16,973	21,691
80	4,226	6,176	9,191	12,923	17,079	21,762
90	4,226	6,169	9,191	12,994	17,079	21,832
100	4,226	6,169	9,226	12,994	17,114	21,903
120	4,402	6,176	9,261	13,099	17,219	22,008
150	4,402	6,374	9,367	13,205	17,325	22,184
180	4,683	6,514	9,578	13,240	17,395	22,325

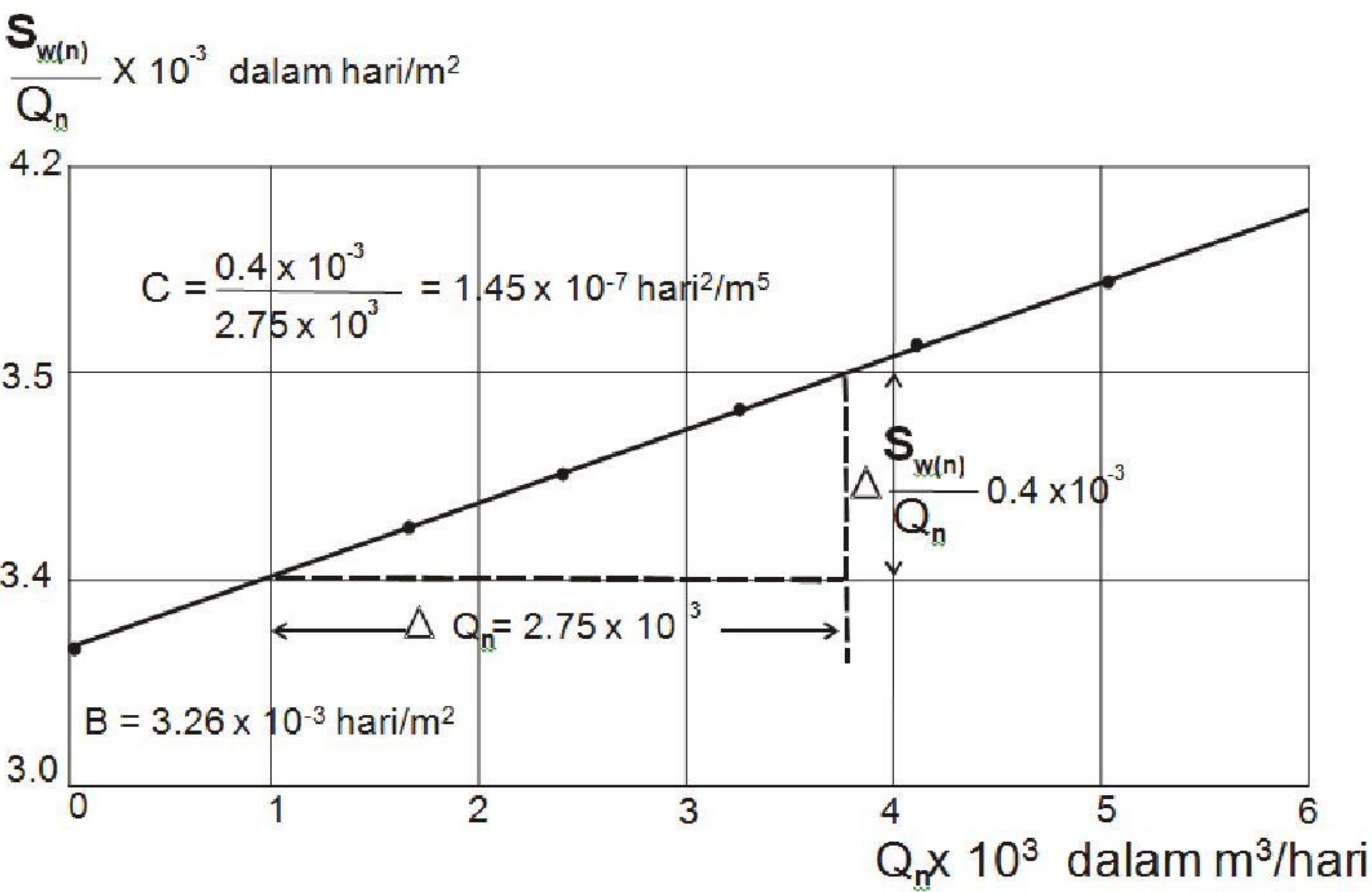
Lampiran C
(informatif)
Grafik tahapan penentuan pada metode *Hantush-Bierchenk*



Lampiran D
(informatif)
Contoh penentuan penurunan spesifik

Tabel D.1 - Contoh penentuan penurunan spesifik dengan metode Hantush-Bierchenk

Tahap	$S_{w(n)}$ (m)	$S_{w(n)}$ (m)	Q_n (m ³ /hari)	$S_{w(n)} / Q_n$ hari/m ²
1	4,25	4,25	1306	$3,25 \times 10^{-3}$
2	1,70	5,95	1693	$3,51 \times 10^{-3}$
3	2,80	8,75	2423	$3,61 \times 10^{-3}$
4	3,40	12,15	3261	$3,73 \times 10^{-3}$
5	3,65	15,80	4094	$3,86 \times 10^{-3}$
6	4,20	20,00	50,19	$3,98 \times 10^{-3}$



Gambar D.1 - Contoh penentuan Parameter B dan C dengan metode Hantush-Bierschenk

Bibliografi

Kruseman, G.P. and de Ridder, N.A. (1990) *Analysis and evaluation of pumping test data. Publication 47*, ILRI, Wageningen, the Netherlands.

